

A ESTRUTURA DO PALÁCIO DO ITAMARATY EM BRASÍLIA: ASPECTOS HISTÓRICOS E TECNOLÓGICOS DE PROJETO, EXECUÇÃO, INTERVENÇÕES E MANUTENÇÃO¹

Evaristo C. Rezende Santos², João Carlos Teatini Clímaco³, Antonio Alberto Nepomuceno⁴

Resumo: O Palácio do Itamaraty em Brasília é uma obra prima na Esplanada dos Ministérios da capital do Brasil, a única cidade construída no século XX laureada pela Unesco como Patrimônio Cultural da Humanidade, em 1989. O Palácio denota o gênio de seus criadores - o arquiteto Oscar Niemeyer e engenheiro estrutural Joaquim Cardozo, e a ousadia e qualidade dos profissionais de projeto e construção do Brasil. Baseado em documentos originais e depoimentos do pessoal envolvido na construção, entre 1963 e 1970, o objetivo deste artigo é recuperar a história do monumento, evidenciando seus mais importantes aspectos: plantas de arquitetura e do projeto estrutural e detalhes gerais das técnicas construtivas e materiais. Uma análise estrutural foi efetuada por meio do programa computacional SAP2000 (1995), que forneceu modelos para o cálculo dos esforços internos nos elementos, momentos fletores e deslocamentos. O dimensionamento das colunas típicas de concreto armado e vigas, segundo a norma brasileira NBR 6118: 2003 (ABNT, 2004), mostrou as armaduras de aço de acordo com os padrões de segurança, inclusive considerando as prescrições sobre fluência do concreto. Um programa de avaliação estrutural e diagnóstico do monumento foi realizado, mostrando que a situação presente da estrutura é adequada. Todavia, a manutenção preventiva imprópria da edificação é um fato preocupante, como outros monumentos do patrimônio de Brasília, cuja importância exige especial atenção e planejamento específico para preservá-los para as futuras gerações.

Palavras chave: avaliação estrutural, Brasília, Palácio do Itamaraty, projeto estrutural.

THE STRUCTURE OF PALÁCIO DO ITAMARATY IN BRASÍLIA: HISTORICAL AND TECHNOLOGICAL ASPECTS OF THE PROJECT, CONSTRUCTION, INTERVENTIONS AND MAINTENANCE

Abstract: Brasília's Itamaraty Palace is a masterpiece in the Ministries Esplanade of Brazil's capital, the only city built in the XX Century awarded by Unesco as a Mankind's Cultural Heritage, in 1989. The Palace denotes the genius of its creators, architect Oscar Niemeyer and structural engineer Joaquim Cardozo, and the daring and quality of the design and construction experts in Brazil. Based on original documents and statements of the personnel involved with its construction, between 1963 and 1970, the purpose of this paper is to recover the monument history, putting in evidence its most important aspects: architectural drawings, structural design and general details of construction techniques and materials. A structural analysis was carried out by means of the computational software SAP2000 (1995), which provided models for the calculation of elements internal forces, moments and displacements. Calculations of typical reinforced concrete columns and beams according to the Brazilian code NBR 6118: 2003 (ABNT, 2004) showed the steel reinforcements in agreement with current safety standards, including if concrete creep is taken into account. A structural assessment and diagnosis programme of the monument was conducted, showing that its structure present situation is adequate. However, the building ineffective routine maintenance is a worrying fact, like others Brasília Heritage monuments, whose importance ask for special attention and specific plans to preserve them for the future generation.

Keywords: Brasília, Itamaraty Palace, structural design, structural assessment.

INTRODUÇÃO

O Palácio do Itamaraty, objeto deste trabalho, está situado na Esplanada dos Ministérios, em Brasília, capital do Brasil - a única cidade construída no Século XX agraciada pela Unesco com o título de Patrimônio Cultural da

¹ Artículo recibido el 2 de julio de 2007 y aceptado el 7 de septiembre de 2007

² Engenheiro Civil, Mestre, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Unama, Belém-PA, Brasil. E-mail: evaristorezende@aol.com.

³ Engenheiro Civil, MSc, PhD. E-mail: teatini@unb.br.

⁴ Engenheiro Civil, DSc; E-mail: nepomuceno@unb.br

Humanidade, em 1987. Construído entre 1963 e 1970, sua arquitetura arrojada e beleza fascinam todos que o visitam, tornando-o um patrimônio da Arquitetura e Engenharia brasileiras. Genial criação do arquiteto Oscar Niemeyer e tendo, à sua altura, o projeto estrutural do engenheiro Joaquim Cardozo, sua execução contou com a brilhante participação de diversos profissionais, com destaque para o arquiteto Milton Ramos, responsável técnico pela Companhia Urbanizadora da Nova Capital (Novacap).

A motivação de realizar um estudo extensivo desse monumento, referenciado na Engenharia Estrutural, deve-se à injustificada carência de trabalhos e publicações que enfatizem quão importantes e inovadores foram, especialmente naquela época, sua concepção, cálculo e técnicas construtivas. O trabalho dá seqüência à dissertação de mestrado sobre a Catedral de Brasília de autoria de Pessoa (2002), no Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da UnB, em uma série idealizada para preencher essa lacuna na história da Engenharia Estrutural brasileira: os monumentos de Brasília, cujas estruturas não mereceram registro compatível com sua arquitetura, como boa parte das edificações relevantes no país (Santos, 2004). Deve-se ressaltar, ainda, a enorme dificuldade e o insucesso parcial na obtenção dos projetos, fotos e demais documentos sobre tal patrimônio, mostrando o descaso de nossa sociedade para com a história do país.

O objetivo principal deste trabalho é, a partir de documentos, dados históricos e depoimentos de pessoas envolvidas, direta ou indiretamente, na concepção e execução do Palácio do Itamaraty, caracterizar a estrutura do monumento: concepção, projeto estrutural e tecnologia construtiva. De posse desses dados e de vistorias técnicas, buscou-se também avaliar sua situação física atual e propor as bases de um programa de recuperação e manutenção preventiva para a estrutura.

Quanto à história do monumento, pretendeu-se evidenciar os aspectos mais importantes: início e término das obras, dados dos projetistas, responsável técnico e detalhes gerais da estrutura do Palácio. Com base em plantas do projeto estrutural original, determinou-se o conjunto de esforços solicitantes nas peças estruturais do Palácio, utilizando o software de análise estrutural SAP2000 (1995), na idealização de modelos para obtenção dos esforços e, assim, simular o comportamento estrutural da edificação. Em seguida, foram dimensionadas algumas peças estruturais típicas do Palácio, segundo a norma brasileira pertinente, NBR 6118 (ABNT, 2003), visando comparar as armaduras obtidas com as originais, elemento de interesse histórico e técnico para uma proposta de manutenção de longo prazo. Como objetivo final, foram propostas as bases de um programa de manutenção estrutural periódica para esse monumento, utilizando uma metodologia desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da UnB e já testada, entre outros trabalhos, em três dissertações de mestrado, sistematizadas por Boldo (2002).

BREVE HISTÓRICO E CARACTERÍSTICAS DA EDIFICAÇÃO

Register for free at <https://www.scipedia.com> to download the version without the watermark

O Palácio do Itamaraty foi construído no período de 1963 a 1970. Os trabalhos de projetos e aquisição de verbas começaram em setembro de 1960, com o lançamento da pedra fundamental. Em 06 de novembro de 1962, foi assinado o contrato entre a NOVACAP (Companhia Urbanizadora da Nova Capital) e a Construtora Pederneiras, responsável pela obra, no valor aproximado de seis milhões de dólares americanos, segundo conversão fornecida pelo Banco Central do Brasil para a época do contrato. A construção do Palácio sofreu várias paralisações, por falta de verbas e crises políticas ocorridas no país. Finalmente, em 21 de abril de 1970, deu-se a inauguração do Palácio do Itamaraty, com a realização da primeira solenidade de formatura de diplomatas. A mudança do Itamaraty traria grandes benefícios para a cidade, não só pelos investimentos dos diversos países em suas embaixadas, mas, sobretudo, porque se consolidava, de uma vez por todas, a nova Capital, que só então passou a ser a verdadeira sede da vida política e diplomática do país.

Características gerais da edificação

O conjunto que abriga o Ministério das Relações Exteriores, conhecido por Itamaraty, compreende três prédios, com uma área construída total aproximada de 75.000 m². O Palácio propriamente dito tem a forma quadrada em planta, com 84m x 84m e altura total de 17,56m, sendo 4,27m no subsolo, situando-se na pista Sul do Eixo Monumental, denominada Via S1.

A edificação é um marco visual na escala monumental do sítio onde está implantado, vizinho ao Congresso Nacional e frontal ao Palácio da Justiça, no início do conjunto de edifícios da Esplanada dos Ministérios. O prédio é valorizado pelas quatro fachadas principais, com linhas de pilares cuja função é dar a impressão de que a caixa de vidro das fachadas mais internas é independente da cobertura, fato que na verdade não ocorre (Figura 1). As fachadas são todas em concreto aparente, cada uma constituída por linhas de 15 pilares, distantes 6,00m entre si, com um fecho superior de cada dois pilares em arcos ligados à cobertura.

A arquitetura de Niemeyer explora muito bem o concreto aparente em faixas estreitas, com um cuidadoso estudo da tonalidade e sem nenhuma junta de dilatação em todo a estrutura. As vigas internas têm altura máxima de 120cm e vãos livres de 36m, uma arrojada concepção para estruturas de concreto armado, mesmo no presente, que exigiu a emenda de ferros por solda e a adoção de contraflechas nas vigas, para contrabalançar a deformação elevada na retirada dos escoramentos.

Outro elemento que se destaca na entrada do salão principal, com 2.500m², é a escada helicoidal que une o térreo ao segundo andar, concebida por Joaquim Cardozo e Milton Ramos (Figura 2). A escada é constituída por uma viga central, que sustenta os degraus com laterais em balanço, e com o apoio na laje superior fornecido por armaduras que simulam as raízes de uma árvore, abrindo-se no interior da laje. É uma verdadeira escultura que oferece uma perspectiva harmônica de qualquer ponto no interior do Palácio. A beleza do conjunto pode ser atestada pelas palavras da Rainha Elizabeth II, da Inglaterra, em visita a Brasília na década de 60: “nunca vi um palácio tão harmoniosamente belo” (Lago, sem data).

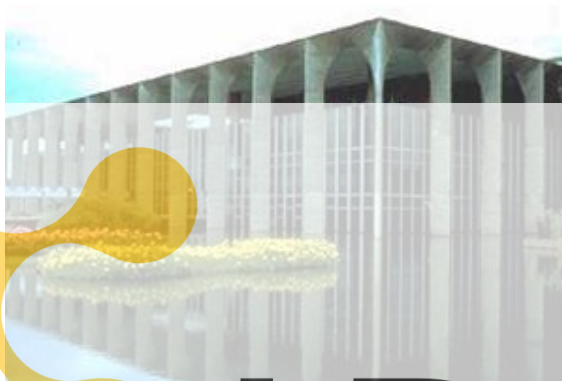


Figura 1: Palácio do Itamaraty.

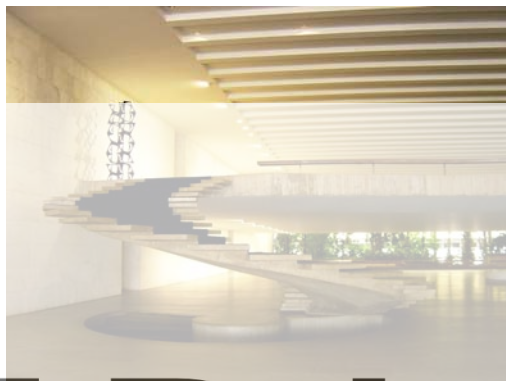


Figura 2: Escada Helicoidal.

Características gerais dos materiais

Todas as formas da estrutura de concreto aparente foram produzidas em madeira (Pinho do Paraná), com tecnologia corrente. Segundo depoimento do Arquiteto Milton Ramos, apenas para a construção das formas dos pilares e arcos da fachada, de forma trapezoidal em seu topo, foi feita uma maquete em tamanho real, posteriormente utilizada como modelo para os detalhes. Para essas formas foram criteriosamente selecionadas chapas de 5cm de largura, de modo a não se perceber as juntas de concretagem. Foi utilizado um escoramento metálico convencional.

Segundo documentos originais da obra, confirmados pelo engenheiro Armando Lima, da empresa Tecnosolo, responsável pelo controle tecnológico de materiais da obra, foram empregados na estrutura de concreto armado dois tipos de aço, hoje não mais produzidos: o aço torcido CAT-50, nas bitolas (em polegadas) de 1/8, 3/16, 1/4, 1/2, 5/8, 3/4, 7/8 e 1; e o aço corrugado CA-37 nas bitolas de 3/16, 5/16, 3/8 e 1/2, nos estribos. Segundo a NB-1/60 (ABNT, 1960), vigente à época, as resistências mínimas de escoamento à tração (equivalente, hoje, à resistência característica do aço, f_{yk}) desses aços eram: 500 MPa, do CAT-50, e 370 MPa, do CA-37. Para o aço CAT-50, das armaduras longitudinais de vigas e pilares, a NB-1/60 prescrevia uma tensão de escoamento à tração de cálculo de 300 MPa.

Segundo o mesmo técnico, confirmado por Milton Ramos e pelo engenheiro Hilderval Teixeira, também envolvido na obra, nas armaduras longitudinais das vigas de comprimento 36m e 30m, devido às dimensões reduzidas das seções, foi utilizada a emenda das barras por solda de topo. Segundo esses profissionais, foi feito um controle rigoroso por amostragem da qualidade das barras soldadas, em ensaios de tração realizados pela Tecnosolo nos laboratórios da Escola Politécnica do Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Segundo Milton Ramos, a dosagem racional do concreto foi feita com inúmeras séries de testes, com variação da granulometria dos agregados das tonalidades do cimento e relação água/cimento, para que se chegasse à tonalidade e resistência desejadas, mantidas em toda a obra. Infelizmente, nenhum documento ou certificado dos ensaios do concreto da obra do Palácio foi encontrado nos arquivos da empresa responsável pelo controle tecnológico. Na documentação encontrada, não havia qualquer registro do valor da resistência do concreto.

O engenheiro Armando Lima relatou, em entrevista, ser a tensão de ruptura média do concreto à compressão de 30 MPa, em ensaios a 28 dias, para todas as peças, exceto na biblioteca onde se utilizou 40 MPa. Na simbologia da

NB-1/60, essa tensão era representada por σ_{c28} , que assume na versão atual NBR 6118 (ABNT, 2003) a notação da resistência à compressão média f_{c28} . Os valores declarados são bastante elevados para a época, no Brasil, tendo Lima informado da utilização do aditivo retardador de pega e densificador *Plastiment-VZ*. Conforme especificava o catálogo do fabricante (Sika, 1965), sendo produzido ainda hoje, a finalidade era “aumentar a resistência mecânica, pela redução da quantidade de água, a trabalhabilidade, densidade e uniformidade do concreto”. O técnico citado informou também que o cimento utilizado na construção foi da marca Campeão, fabricado na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais. O agregado graúdo era o seixo rolado, do entorno de Brasília, e o agregado fino a areia grossa do rio Corumbá e/ou rio Areias. A cura do concreto era feita por molhagem sob supervisão rigorosa dos técnicos envolvidos na execução.

ANÁLISE DA ESTRUTURA

O Palácio do Itamaraty tem uma estrutura de concreto armado, duplamente simétrica em planta (Figura 3). Chamam a atenção os grandes vãos vencidos pelas vigas na direção Leste-Oeste, apresentando vãos de 30m, na estrutura do térreo, primeiro e segundo pavimento, e vãos de até 36m na cobertura (Figuras 3 e 4). As seções transversais dessas vigas têm altura de 0,70m, do pavimento térreo até o segundo, e de 1,20m na cobertura. sua largura varia de 0,20m, no meio do vão, até 0,30m nos apoios. No direção Norte/Sul foram concebidas vigas-faixa, sobre as quais se apoiam as vigas Leste-Oeste, como mostra o esquema estrutural da Figura 4, em plataforma CAD. Essas faixas têm seção transversal com largura 4,0m e altura 0,60 m, com espaçamento de 6,0m entre os pilares no sentido Norte-Sul. Os pilares internos de apoio das vigas-faixa têm seção retangular de 0,25m x 1,20m e os pilares de extremidade 0,20m x 1,00m. Os pilares das fachadas têm seção transversal trapezoidal, com as dimensões: base maior 0,40m, base menor 0,05m e altura 1,50m (Figura 5).



Register for free at <https://www.scipedia.com> to download the version without the watermark



Figura 3: Cobertura e Fachada Oeste do Palácio do Itamaraty, tendo ao fundo os edifícios do Congresso Nacional e a Praça dos Três Poderes.

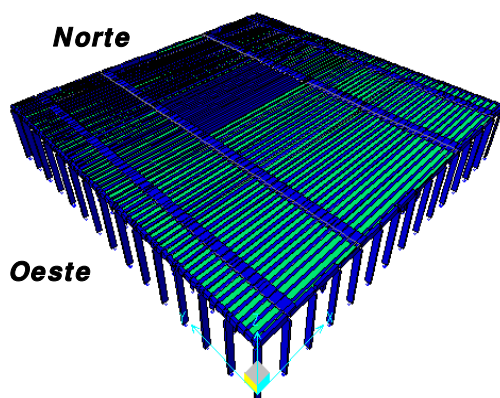


Figura 4: Esquema estrutural (Plataforma CAD).

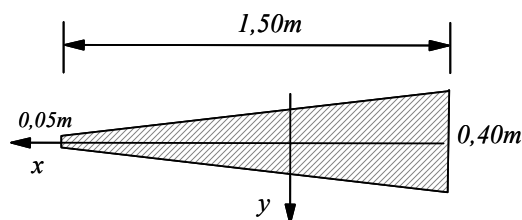


Figura 5: Seção dos pilares de fachada.

A estrutura do Palácio do Itamaraty foi modelada no programa SAP2000 (1995), segundo a geometria do projeto original, utilizando o elemento finito Frame para representar as barras unidimensionais - vigas e pilares. Nesse

modelo, foram idealizados dois pórticos planos: o primeiro na direção Leste-Oeste, denominado Pórtico A (Figura 6), constituído por vigas de 36 e 30m de vão, que se apóiam no Pórtico B, formado pelos pilares e vigas na direção Norte-Sul (Figura 7).

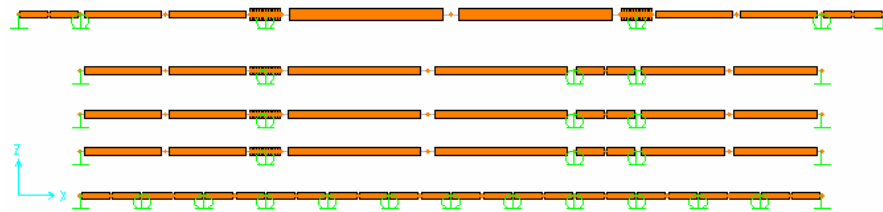


Figura 6: Modelo estrutural do Pórtico A: direção Leste-Oeste (SAP2000).

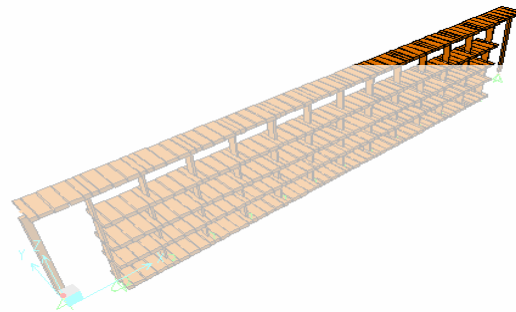


Figura 7: Modelo estrutural do Pórtico B (vigas-faixa): direção Norte-Sul (SAP2000).

As figuras 8 e 9, a seguir, mostram os diagramas de momentos fletores dos pórticos A e B. Nas vigas, o momento positivo máximo foi de 855 kN.m e o negativo 619 kN.m. Nos pilares, o momento máximo foi de 305 kN.m, no topo dos pilares dos arcos da fachada (Pórtico B).

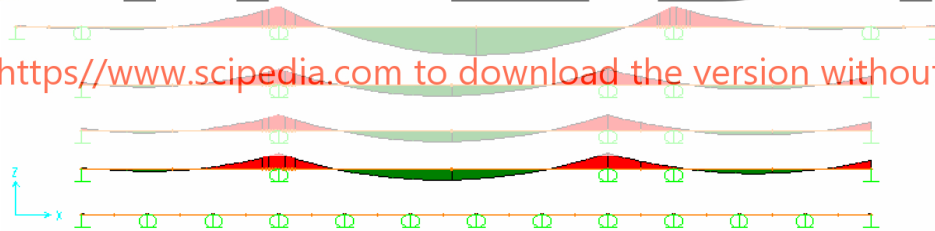


Figura 8: Diagrama de momentos fletores nas vigas do Pórtico A (SAP2000).

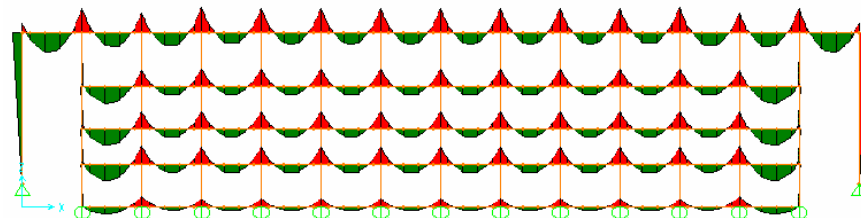


Figura 9: Diagrama de momentos fletores do Pórtico B (SAP2000).

Os pilares de seção retangular foram discretizados com sua forma real. Os pilares dos arcos, de seção transversal trapezoidal (Figura 5), têm modelagem complexa e dois modelos foram usados: I - seção retangular de dimensões 0,40m x 0,84m, com a base e o momento de inércia (relativo ao eixo principal y) iguais à da seção original; II: seção retangular 0,28m x 1,20m, com a mesma área e altura igual a 2/3 da seção original. Os esforços calculados com as duas seções resultou em diferenças desprezíveis; no entanto, os dois modelos têm comportamento diferente quanto aos efeitos de segunda ordem na flexão composta.

Os diagramas de forças cortantes dos pórticos A e B são mostrados nas figuras 10 e 11. Os valores máximos de cortantes nas vigas foram 166 kN, no Pórtico A, e 846 kN no Pórticos B. Nos pilares, a força cortante máxima foi 27 kN, muito inferior às vigas.

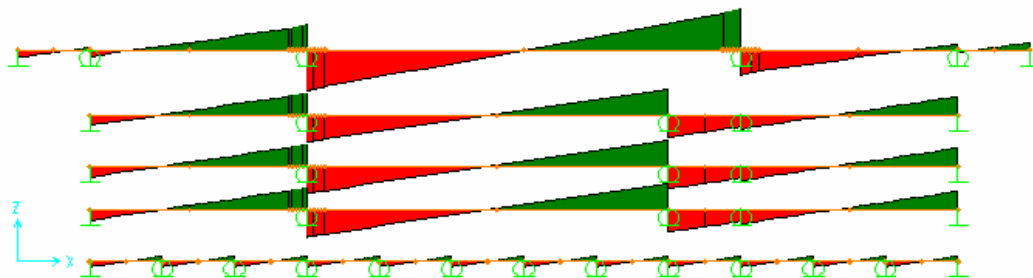


Figura 10: Diagrama de forças cortantes no Pórtico A - direção Leste-Oeste (SAP2000).

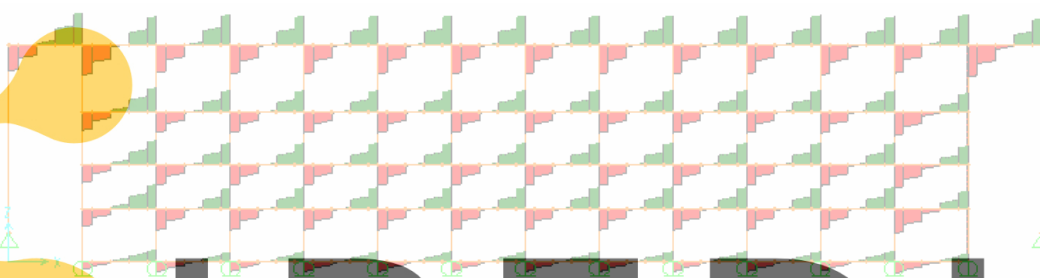


Figura 11: Diagrama de forças cortantes no Pórtico B - direção Norte-Sul (SAP2000).

O Quadro 1 apresenta as reações verticais estimadas nos apoios inferiores pelo modelo do programa SAP2000 e uma comparação com os valores declarados na Planta de Locação e Carga dos Pilares do projeto original. Pode-se notar que os valores estimados no modelo são muito próximos dos originais, todos a favor da segurança, um fato marcante com o cálculo original na década de 60, com ferramentas bastante inferiores às atuais. As diferenças produzidas indicam que há um modelo de cálculo bastante confiável e que o projeto original

Register for free at <https://www.scipedia.com> to download the version without the watermark

Quadro 1: Comparação das cargas verticais na fundação.

Pilar	SAP2000 (kN)	Projeto Original (kN)	Valor estimado/ Projeto Original (%)
P _{arco}	814	940	-13,40
P1	3400	3800	-10,52
P2	5744	5800	-0,01
P3	5532	5800	-4,62
P4	5509	5800	-5,02
P5	5503	5800	-5,12
P6	5507	5800	-5,05
P7	5507	5800	-5,05

DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DE CONCRETO

A partir do modelo computacional do programa SAP2000, foram gerados três esforços característicos em seções críticas das peças estruturais estudadas - momentos fletores e forças normal e cortante, para as condições mais desfavoráveis de carregamento na estrutura. Desses esforços foi feito o dimensionamento de peças estruturais típicas do Palácio do Itamaraty, segundo a norma vigente NBR 6118 (ABNT, 2003), adotando as cargas prescritas na NBR 6120 (ABNT, 1980) e as forças de ação do vento da NBR 6123 (ABNT, 1988). Com esses cálculos puderam ser feitas comparações com as áreas de armaduras de algumas peças do projeto original, obtidas em um conjunto incompleto de desenhos da estrutura, junto ao Setor de Manutenção do Palácio (Grillo, 2003), Arquivo Público do Distrito Federal (ArPDF, várias datas), e Instituto de Planejamento e Desenvolvimento do Distrito Federal (IPDF,

várias datas). A comparação de armaduras tem interesse científico e histórico, permitindo uma análise dos processos utilizados no projeto original, além de servir como parâmetro para o estabelecimento de programas de manutenção preventiva do monumento.

Para os pilares, o dimensionamento à flexão composta pela NBR 6118 levou em conta as excentricidades de 1ª ordem, os efeitos de 2ª ordem (flambagem) e a fluência do concreto (Fusco, 1981). Conforme citado anteriormente, no item 2.2, a resistência média do concreto à compressão a 28 dias era de 30 MPa. A norma NB-1/60 (ABNT, 1960) prescrevia para o controle rigoroso de execução, aplicado à estrutura em questão, a tensão de ruptura mínima do concreto à compressão $\sigma_R = \frac{3}{4}\sigma_{c28} = 22,5 \text{ MPa}$. Esse último valor foi adotado no cálculo como resistência característica do concreto à compressão, f_{ck} , mesma disposição usada em trabalho anterior sobre a Catedral de Brasília, por Pessoa (2002). Para o aço CAT-50, adotou-se a resistência de cálculo de escoamento à tração $f_{yd} = 300 \text{ MPa}$, segundo a NB-1/60.

O Quadro 2, a seguir, apresenta as armaduras calculadas pela NBR 6118: 2003, nas seções 1 (2º. Pavimento) a 4 (subsolo) dos pilares típicos de seção retangular (25x120cm) e dos pilares dos arcos de fachada, comparados às existentes no projeto original.

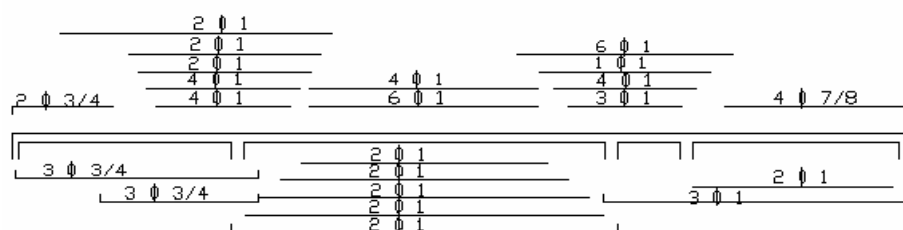
Quadro 2: Comparação das armaduras calculadas pela NBR 6118: 2003 com as existentes no projeto original (bitolas em polegadas).

Pilares	Calculada	Original	Calculada/Original (%)
P ₂ - Seção 1	20 ϕ 3/4"	22 ϕ 3/4"	-10
P ₂ - Seção 2	22 ϕ 7/8"	22 ϕ 7/8"	0
P ₂ - Seção 3	30 ϕ 1"	32 ϕ 1"	-7
P ₂ - Seção 4	33 ϕ 1"	35 ϕ 1"	-6
Pilar arco (modelo I)	42 ϕ 1/2"	44 ϕ 1/2"	-5
Pilar arco (modelo II)	45 ϕ 1/2"	44 ϕ 1/2"	+2

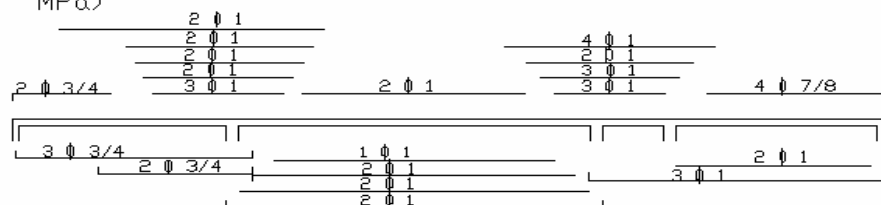
Nota-se no Quadro 2, que as armaduras calculadas dos pilares pela NBR 6118: 2003 são ligeiramente inferiores ao cálculo de Joaquim Cardozo, um fato digno de nota, pois, na época, além de não se dispor das ferramentas frequencimétricas para a verificação das condições de vibração das peças, não havia a possibilidade de se considerar a fluência do concreto neste trabalho.

Para o cálculo das armaduras longitudinais de flexão das vigas de 30m de vão, as únicas para as quais foi localizada a planta de armação, adotou-se para o aço CAT-50 $f_{yd} = 300 \text{ MPa}$ e o concreto com $f_{ck} = 22,5 \text{ MPa}$. A Figura 12, a seguir, mostra uma comparação entre as armaduras calculadas pela NBR 6118: 2003 com as obtidas do projeto original, para as vigas com 30m de vão do Pórtico A. Para uma comparação mais fiel, o desenho das armaduras calculadas foi feito seguindo o padrão original. Novamente, o cálculo de Joaquim Cardozo mostra-se seguro e anti-econômico apenas no vão central de 30m, fato plenamente justificado se considerada a responsabilidade da edificação e as condições de cálculo da época.

Armação da viga de 30 m de vão (V5) segundo projeto original



Armação da viga de 30 m de vão (V5)
segundo a NBR 6118:2003 ($f_{yd} = 300 \text{ MPa}$ e $f_{ck} = 22,5 \text{ MPa}$)



cada linha representa uma camada contada de baixo para cima

Figura 12: Comparação de armadura calculadas das vigas com projeto original.

Para o cálculo da flecha imediata nas vigas dimensionadas, utilizou-se a fórmula da rigidez equivalente de Branson, adotada no item 17.3.2.1.1 da NBR 6118: 2003. Também segundo essa norma, foi estimada a flecha diferida ao tempo, cabendo destacar a influência favorável da armadura de compressão adotada por Cardozo nos vãos de 30m, que resultou em um reduzido coeficiente de fluência, $\alpha_f = 1,60$. Acrescida a flecha diferida à imediata, têm-se os valores do Quadro 3, a seguir.

Quadro 3: Cálculo da flecha imediata (cm) para o Palácio do Itamaraty.

Viga (seções)	Deslocamento vertical SAP2000	NBR 6118: 2003	
		Flecha Imediata	Flecha final
20 x 120 cm ²	14	12	22
20 x 70 cm ²	15	13	24

A análise dos resultados do programa SAP2000 e do cálculo pela NBR 6118 confirma a necessidade de adoção de contraflechas nas vigas do pórtico A, nos vãos de 30 e 36m. Infelizmente, não se teve acesso às memórias de cálculo e o depoimento do arquiteto Milton Ramos, responsável técnico pela construção, não esclareceu a questão. Pela boa aparência das peças, que visualmente não apresentam flechas excessivas, acredita-se, que Cardozo tenha adotado as contraflechas adequadas.

Register for free at <https://www.scipedia.com> to download the version without the watermark

DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO FÍSICA DA ESTRUTURA

Foi realizado um programa de inspeções no Palácio do Itamaraty, visando elaborar um diagnóstico de sua situação física atual, com a classificação e quantificação dos danos da estrutura de concreto, por meio da aplicação de uma metodologia do Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil - PECC/UnB (Boldo, 2002). A metodologia divide a estrutura de uma edificação em “famílias” de elementos típicos e calcula os graus de deterioração individuais de cada elemento estrutural e da respectiva família e, introduzindo um “fator de relevância estrutural” específico de cada família, permite quantificar o “grau de deterioração da estrutura”. A partir de uma classificação dos níveis de danos existentes, a metodologia sugere as medidas preventivas/corretivas a adotar, com os respectivos prazos de intervenção. O objetivo final foi propor um programa de manutenção para a estrutura do monumento, de forma a garantir a sua estética, funcionalidade e segurança estrutural. Com esse objetivo, dividiu-se a estrutura do palácio do Itamaraty em 3 famílias:

- Estrutura principal: lajes, vigas, pilares, escadas, lajes e vigas da cobertura;
- Estrutura das fachadas: pilares e arcos;
- Passarelas de acesso e lago circundante ao Palácio: lajes, vigas, pilares e cortinas.

Para a avaliação da estrutura principal do Palácio encontraram-se muitas dificuldades, pois, todos os pilares, vigas e lajes são revestidos: nos pilares, um revestimento de placas de madeira, cobrindo todo seu perímetro; nas vigas e lajes, um forro de gesso encobre todas as peças. Não foi liberada a retirada do forro de gesso pela administração e a avaliação se limitou à observação através das luminárias do prédio. Quanto aos pilares, conseguiu-se que fossem retirados cinco painéis para avaliação dessas peças.

O Quadro 4 apresenta o grau de deterioração de alguns elementos, das famílias respectivas e da estrutura principal do Palácio, caracterizando, ainda, as medidas preventivas a serem adotadas.

Quadro 4: Graus de deterioração de cada elemento estrutural (G_{de}), das famílias de elementos (G_{df}) e da estrutura principal do prédio (G_d).

	Escada helicoidal	Vigas periféricas	Vigas-Cobertura	Lajes-Cobertura
G_{de}	12	48	6	6
G_{df}	-	53		6
G_d	25	Nível de deterioração da estrutura: Médio = 15 a 40 Prazo de intervenção: no máximo 2 anos		

Após a avaliação com um programa de inspeções, segundo a metodologia PECC/UnB, concluiu-se que a estrutura encontra-se em um nível de deterioração classificado como Médio, para o qual se recomenda intervenção no prazo máximo de 2 anos. No entanto, em vigas periféricas do térreo, na fachada leste, sugere-se a intervenção imediata, pois foram encontradas armaduras expostas, em região de alta umidade, próxima ao lago. Reparos na impermeabilização são também necessários, pois, em alguns pontos, o sistema já não se mostra eficaz. Deve-se, ainda, reparar o processo de corrosão em algumas partes da escada, pois, mais que uma peça estrutural, é uma escultura que faz parte da composição arquitetônica do Palácio.

A fachada do Palácio do Itamaraty é constituída por 56 pilares e quatro vigas de contorno que ligam os arcos no topo dos pilares. Após a avaliação *in-situ* e análise pela metodologia empregada, concluiu-se que as peças da estrutura das fachadas apresentaram um nível de deterioração Baixo (0 a 15), necessitando apenas de manutenção rotineira. Porém, como se trata de um patrimônio cultural e ponto turístico da capital, é essencial a limpeza de algumas manchas escuras no concreto aparente dos arcos.

O Palácio do Itamaraty conta com sete passarelas de acesso sobre o lago circundante, cuja laje de fundo se apoia diretamente no terreno. As estruturas das passarelas são constituídas por laje, vigas e pilaretes específicos, muito curtos, que transferem as cargas para as cortinas de concreto. O Quadro 5 mostra a avaliação desses elementos.

Quadro 5: Graus de deterioração de cada elemento (G_{de}), das famílias de elementos (G_{df}) e da estrutura das passarelas e do lago circundante.

	Vigas das passarelas							Pilares das passarelas		Lajes das passarelas						
	1	2	3	4	5	6	7	1 e 2	outras	1	2	3	4	5	6	7
G_{de}	61	4	4	4	4	4	4	110	4,8	30	8	24	8	8	8	8
G_{df}	78							112		50						
G_d	101							Nível de deterioração da estrutura: Crítico > 40 Prazo de intervenção: imediata								

O nível crítico diagnosticado nessa parte da estrutura pode ser atribuído aos problemas existentes na estrutura da Passarela 1 (Norte). As demais aparentam um estado satisfatório de conservação. Em dois pilaretes de suporte da Passarela 1, cuja laje forma com as cortinas e vigas periféricas uma galeria com acesso pelo subsolo, foram observadas fissuras com aberturas que excedem o limite da norma. Provavelmente, foram causadas por sobrecarga excessiva, problema que deve ter ocorrido há vários anos, pela aparência das fissuras e a comprovação de sua estabilidade na avaliação *in-situ*. Os demais pilaretes dessa passarela foram reforçados com encamisamento por chapas metálicas; no entanto, os responsáveis pela manutenção atual do Itamaraty nada souberam informar sobre esse reforço, do qual não se encontrou qualquer registro. Recomenda-se uma avaliação mais profunda dos pilares reparados, da origem dos danos diagnosticados e sua recuperação imediata.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal deste trabalho, de caracterizar a estrutura do Palácio do Itamaraty quanto à concepção, projeto estrutural e tecnologia construtiva, pode ser considerado atendido, apesar da enorme dificuldade na obtenção da documentação da obra. Aspectos importantes foram levantados sobre o histórico da obra, projetistas, responsáveis técnicos e detalhes gerais da estrutura do Palácio.

Com base em plantas do projeto original, foi feita uma análise da estrutura do Palácio, utilizando o software de análise estrutural SAP2000 (1995), para obtenção dos esforços solicitantes em peças típicas, pilares e vigas. O dimensionamento de algumas dessas peças, segundo a norma brasileira NBR 6118: 2003 (ABNT, 2003), mostrou uma comparação favorável das armaduras obtidas com as originais, em termos tanto de segurança à ruptura quanto funcionalidade.

Da avaliação da estrutura com um programa de inspeções e aplicação da metodologia do Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil - PECC/UnB, constatou-se que a estrutura do Palácio do Itamaraty apresenta um estado de conservação que pode, em geral, ser considerado satisfatório. Alguns problemas localizados foram detectados, principalmente nas passarelas de acesso ao Palácio, nas fachadas Oeste e Norte, onde a umidade é bem elevada. As vigas da Passarela Norte e dois de seus pilares de suporte necessitam de intervenção imediata, pois apresentam graus elevados de deterioração. Recomenda-se a investigação mais detalhada dos demais pilares dessa passarela, objeto de reparo anterior com encamisamento por chapas metálicas.

Recomenda-se, também, uma limpeza imediata nos pilares de fachada e de seus arcos superiores, pois apresentam aparência incompatível com um monumento do Patrimônio Histórico, além de ponto de encontro de autoridades do mundo pela sua finalidade. Recomenda-se, ainda, uma avaliação mais detalhada dos efeitos térmicos na estrutura da fachada, especialmente dos arcos, que apresentam algumas fissuras de abertura reduzida, oriundas, provavelmente, de movimentação térmica.

Pode-se afirmar que esse excepcional monumento do arquiteto Oscar Niemeyer teve em seu projeto e execução a participação de profissionais de qualidade à altura. Quanto ao projeto estrutural, pela felicidade com que se aplica à contribuição do calculista Joaquim Cardozo à Engenharia Estrutural no Brasil, vale citar uma frase do matemático alemão Richard Courant, referenciada por Mello (2003), professor da UnB e membro da banca examinadora da dissertação que deu origem a este artigo (Santos, 2004): “Apesar de todos os seus defeitos, a intuição continuará sendo força propulsora mais importante da descoberta matemática, e somente ela pode construir a ponte que liga a teoria às aplicações”.

REFERÊNCIAS

- ABNT (1960). *NB-1: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Armado*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, Brasil.
- ABNT (1980). *NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edifícios - Procedimento*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, Brasil.
- ABNT (1988). *NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, Brasil.
- ABNT (2004). *NBR 6118: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Armado*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, Brasil.
- ArPDF (várias datas). *Fotografias e Documentos*, Arquivo Público do Distrito Federal, Brasília, Brasil.
- Boldo, P. (2002). *Avaliação quantitativa de estruturas de concreto armado de edificações no âmbito do Exército Brasileiro*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia e Construção Civil, UnB, Brasília, 295 pp.
- Fusco, P.B. (1981). *Estruturas de concreto - Solicitações normais*, Editora Guanabara Dois, Rio de Janeiro, Brasil, 463 pp.
- Grillo, J. C. (2003). *Documentação técnica do Palácio do Itamaraty e depoimento oral*, Brasília, Brasil.
- IPDF (várias datas). *Documentação histórica*, Instituto de Planejamento e Desenvolvimento do Distrito Federal, Brasília, Brasil.
- Lago, A. A. (sem data). *Brasília - Rio de Janeiro*, Banco Safra, São Paulo, SP, Brasil.
- Mello, E.L. (2003). *Concreto armado: resistência limite à flexão composta normal e oblíqua*. Editora da Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.
- NOVACAP (várias datas). *Arquivo de fotografias e documentos*, Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil, Brasília, Brasil.
- Pessoa, D.F. (2002). *A estrutura da Catedral de Brasília: aspectos históricos, científicos, e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e proposta de manutenção*, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil, UnB, Brasília, Brasil, 243 pp.
- Santos, E.C.R. (2004). *A estrutura do Palácio do Itamaraty: aspectos históricos, científicos, e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e recomendações de manutenção*, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil, UnB, Brasília, Brasil, 188 pp.
- SAP2000 (1995). *Manual do usuário - Versão 7.12*, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- SIKA (1965). *Manual Técnico*, Sika S.A., São Paulo, SP, Brasil.